

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

平4-124813

⑬ Int.Cl.<sup>5</sup>H 01 L 21/20  
21/268  
21/84  
29/784

識別記号

B

庁内整理番号

9171-4M  
7738-4M  
7739-4M

⑭ 公開 平成4年(1992)4月24日

9056-4M H 01 L 29/78 3 1 1 F

審査請求 未請求 請求項の数 9 (全5頁)

⑮ 発明の名称 薄膜半導体の製造方法及びその装置

⑯ 特 願 平2-244023

⑰ 出 願 平2(1990)9月17日

⑱ 発 明 者 小 川 和 宏 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研  
究所内

⑲ 発 明 者 青 山 隆 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研  
究所内

⑳ 発 明 者 望 月 康 弘 茨城県日立市久慈町4026番地 株式会社日立製作所日立研  
究所内

㉑ 出 願 人 株式会社日立製作所 東京都千代田区神田駿河台4丁目6番地

㉒ 代 理 人 弁理士 小川 勝 男 外2名

## 明 細 書

## 1. 発明の名称

薄膜半導体の製造方法及びその装置

## 2. 特許請求の範囲

1. 基板上に堆積させた非晶質半導体薄膜に連続発振のレーザ光を照射し、その後パルス発振のレーザ光を照射することを特徴とする薄膜半導体の製造方法。

2. 請求項第1項において、非晶質半導体薄膜は a-Si 膜又は a-Si:H (水素化アモルファスシリコン) 膜又は a-Si:F (フッ素化アモルファスシリコン) 膜であることを特徴とする薄膜半導体の製造方法。

3. 請求項第1項において、連続発振のレーザ光を Ar<sup>+</sup> イオンレーザ、CO<sub>2</sub> レーザ又は Nd-YAG レーザとし、パルス発振のレーザ光をエキシマレーザ、ルビーレーザ、Nd-YAG レーザ又はメタル蒸気レーザであることを特徴とする薄膜半導体の製造方法。

4. 請求項第1項において、非晶質半導体薄膜は

連続発振のレーザ光照射により面相成長し、パルス発振のレーザ光照射により液相成長して結晶質半導体薄膜に改質したことを特徴とする薄膜半導体製造方法。

5. 請求項第1項において、非晶質半導体薄膜を局所的にレーザ照射することを特徴とする薄膜半導体の製造方法。

6. ステージ、CWレーザ、パルスレーザ、偏光レンズ、ビーム均一化用レンズ及びスキヤニング機構から成る薄膜半導体の製造装置において、CWレーザのビーム幅をパルスレーザのビーム幅よりも大きくすることを特徴とする薄膜半導体の製造装置。

7. 薄膜トランジスタの製造方法において、薄膜トランジスタの活性層として形成した非晶質半導体層に連続発振のレーザ光を照射し、その後パルス発振のレーザ光を照射することを特徴とする薄膜半導体の製造方法。

8. 薄膜トランジスタを用いたアクティブマトリクス方式の液晶ディスプレイにおいて、周辺回

## 特開平4-124813(2)

局部のみを局所的に連続発振のレーザ光を照射し、その後パルス発振のレーザ光を照射することを特徴とする薄膜半導体の製造方法。

9. ラインセンサーの駆動回路部を局所的に連続発振のレーザ光を照射し、その後パルス発振のレーザ光を照射することを特徴とする薄膜半導体の製造方法。

## 3. 発明の詳細な説明

## 〔産業上の利用分野〕

本発明は半導体装置の製造方法及びその装置並びにそれを用いた半導体装置に関し、特に非晶質膜を低温でアニールして高品位の結晶性薄膜を再現性良く製造する方法に関する。

## 〔発明が解決しようとする課題〕

薄膜半導体装置の形成のための非晶質膜の低温局所アニール方法としてレーザアニール法がある。

従来この種の技術として次の3方法が挙げられる。

- (1) プラズマCVD法により堆積した非晶質膜(a-Si:H)をCW Ar+レーザ照射す

ブットで、割れや表面の凹凸がなく、しかも良好な再現性・均一性で製造する方法を提供するものである。

## 〔課題を解決するための手段〕

上記目的を達成するために、薄膜半導体層を成膜後連続発振のレーザ光を照射することで予備加熱した後に、パルスレーザを照射することで上記半導体膜の剥離率がなく、なおかつ基板に影響を与えないことを特徴としたものである。

さらに、本発明は局所的な薄膜半導体層の結晶化を可能としたものである。

## 〔作用〕

本発明は以下のように作用する。

基板上に堆積させた非晶質半導体薄膜をレーザ照射により結晶化させようとした場合、結晶化に必要な強いレーザを照射すると上記半導体薄膜の剥離や表面の凹凸などが発生してしまう。そこで上記剥離等を防ぐため、まず連続発振(CW)のレーザ光を照射する。CWレーザ照射は基板上の薄膜を適切な昇温速度、到達温度で加熱すること

る方法(例えば、特開昭58-114435号公報、特開昭63-200572号公報)。

- (2) 同上の非晶質膜をパルスエキシマレーザ照射する方法(例えば、特開昭63-25913号公報)。

- (3) スパッタ法により堆積した非晶質膜(a-Si)をCW Ar+レーザ照射する方法(例えば、ジャパニーズ ジャーナル オブ ジ アプライド フィジクス第28巻第11号第L1871頁から第L1873頁(1989)(Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 28, No. 11, November, 1989 pp. L1871-L1873)。

## 〔発明が解決しようとする課題〕

上記従来技術は次の点の配慮がない。

CW Ar+レーザ照射に関しては、また高品質化のためには高エネルギー照射する必要があり、スループットが低い。また低コストの亜点が高いガラス基板では割れやすい。

パルス発振のエキシマレーザ照射に関しては、基板・膜間の割れや薄膜表面に凹凸が発生する。

本発明の目的は、低温高品質膜を優れたスルー

により、良好な結晶化が可能となる。また、水素やフッ素を含んでいる水素化アモルファスシリコン膜やフッ素化アモルファスシリコン膜の場合には、連続発振のレーザ光照射により水素あるいはフッ素を蒸発飛散させることができ、高強度のパルスレーザ照射時の水素やフッ素の突沸による膜劣れも防ぐことができる。

さらにビーム状のレーザ光を使用するため、局所的に加熱することも可能となり、所望の領域以外に影響を与えずに局所的な結晶化が可能となる。

次に、非晶質半導体薄膜を結晶化させるためには大きなエネルギーのレーザ光を照射しなければならない。そこでパルス発振のレーザを用いることで高エネルギーのビームを照射しても、基板や下地膜への影響をなくすることができる。これにより三次元デバイスの製造にも適用可能となる。またパルス発振の方が連続発振のレーザを使用するよりも一般的にスループットも良い。

## 〔実施例〕

以下、本発明に係る高品位薄膜多結晶の製造方

## 特開平4-124813 (3)

法を適用した実施例を図面を用いて説明する。

先ず第1図(a)において、100mm口のガラス基板10上にプラズマCVD法により堆積温度300℃RFパワー60W、圧力0.6 Torr、ガス流量 $H_2:SiH_4=200:70\text{ sccm}$ の成膜条件で水素化アモルファスシリコン(以下a-Si:H)膜11を堆積する。その後、第1図(b)に示すようにCW Ar+レーザーL<sub>A</sub>を出力5.0W、ビーム径1mmφ、スキャンニング速度1.0mm/secで照射する。上記プロセスによりa-Si:H膜11が加熱され、薄膜上層部がマイクロクリスタル状のシリコン(以下μc-Si)膜12に改質される。CW Ar+レーザーL<sub>A</sub>のエネルギー密度はa-Si:H膜11全体を結晶化させる程の高エネルギーを必要としない。その後第1図(c)のようにXeClエキシマレーザーL<sub>X</sub>(波長308nm、パルス幅28ns)を240mJ/cm<sup>2</sup>照射することによりμc-Si膜12全体が溶融面化し、多結晶シリコン(以下poly-Si)膜13に改質される。上

記プロセスにより得られたpoly-Si13のX線回折強度を膜厚が800Åと2000Åの場合について第2図に示す。この結果よりa-Si:H膜は240mJ/cm<sup>2</sup>以上のXeClエキシマレーザーを照射することで結晶性が優れたpoly-Si膜に改質できる。また走査型顕微鏡の観察によれば表面も平滑で、凸起やボイドは見られなかった。

以上のプロセスにより表面の凹凸等のない良好な膜質の薄膜多結晶を製造できた。

第3図(a)は本発明を実施するための製造装置の一例である。CW Ar+レーザーL<sub>A</sub>をシリンドリブルレンズRを使用し、ビーム形状が長方形になるようにするか、あるいは数本のCW Ar+レーザーを重ね合わせて直線上に並ぶように光学系を組む。この時第3図(b)に示すようにCW Ar+レーザーL<sub>A</sub>の幅d<sub>A</sub>は、XeClエキシマレーザーL<sub>X</sub>のビーム形状をd<sub>X1</sub>×d<sub>X2</sub>(d<sub>A</sub>と平行な方向の幅をd<sub>X1</sub>とする)とした時、d<sub>A</sub>≥d<sub>X1</sub>となるようにする。又、スキャンニング方法に関し

ては、サンプルをセクトしたステージとレーザー光が相対的に動くようにすればよい。上記製造装置を用いることで、スループットに優れた高品位多結晶膜の製造が可能となった。

さらに本発明を薄膜トランジスタ(以下TFT)に適用した実施例を以下図面を用いて説明する。先ず第4図において、100mm口ガラス基板10上にスパッタ法によりゲート電極としてCr膜を堆積温度100℃、Ar圧力1m Torrで1200Å堆積し、ホットエッチング工程によりパターンニングする。その後プラズマCVD法によりゲート絶縁膜としてSiNx膜を堆積温度325℃、RFパワー175W、圧力0.6 Torr、ガス流量 $SiH_4:NH_3:N_2=10:60:200\text{ sccm}$ の成膜条件で3500Å堆積し、連続してチャネル層となるa-Si:H膜11を堆積温度300℃、RFパワー60W、圧力0.6 Torr、ガス流量 $H_2:SiH_4=200:70\text{ sccm}$ の成膜条件で2000Å堆積する。ここで本発明の薄膜多結晶の製造方法を適用する。a

-Si:H膜11上にCW Ar+レーザーL<sub>A</sub>を出力5.0W、ビーム径1.0mm、スキャンニングスピード10.0mm/secで照射後、XeClエキシマレーザーL<sub>X</sub>(波長308nm、パルス幅28ns、ビーム形状8.5mm□)を照射し、a-Si:H膜を結晶化させる。(第5図)上記プロセスにより得られたpoly-Si膜13は均質で、結晶性に優れ、電気的特性の高いものとなっている。

次にプラズマCVD法により、リンを含んだn+-Si膜を堆積温度230℃、RFパワー60W、圧力0.6 Torr、ガス流量 $H_2:SiH_4:PH_3=120:48:120\text{ sccm}$ の成膜条件で350Å堆積し、ホットエッチング工程の後、Cr電極をゲート電極と同じ条件で800Å形成し、A<sub>2</sub>電極をスパッタ法により3700Å堆積する。さらにホットエッチング工程でソース、ドレインを形成し、第6図に示すようにTFTが完成する。以上のようにして作成したTFTの電気的特性は、実効移動度 $\mu_{eff}=50\text{ cm}^2/\text{V}\cdot\text{s}$ 。

## 特開平4-124813 (4)

α、しきい電圧  $V_{TH} = 5V$  以下の良好なものであった。

又、液晶ディスプレイに関する実施例を以下説明する。

液晶ディスプレイにおいて駆動回路を画素と同一基板上に形成することは、コスト面等大きな利点がある。しかし、α-Si TFTではモビリティが小さく ( $0.3 \text{ cm}^2/V \cdot \text{s}$  程度)、液晶ディスプレイの駆動回路を組むことは困難である。しかし、駆動回路を内蔵する部分のみをレーザアニールし、poly-Si TFTを形成することで回路内蔵が可能となる。

第7図は液晶ディスプレイの平面図である。図中102の領域のみ本発明の結晶化法を適用することで、画素部101には影響を与えずに高いモビリティのpoly-Si TFTを形成でき、基板周辺部に駆動回路を内蔵することが可能となる。

本発明の実施例では、連続発振のレーザとしてAr+レーザ高強度パルスレーザとしてXeCl

エキシマレーザを用いたが、Si膜の吸収係数にマッチングした波長の他のレーザ、例えば連続発振ではNd-YAGレーザ、Nd-ガラスレーザ、高強度パルスレーザではルビーレーザ、銅蒸気レーザ等も用いることもできる。

## 〔発明の効果〕

本発明は、以上説明したように構成されているので以下に記載されるような効果を奏する。

基板上に堆積させた非晶質半導体膜にCWレーザ及びパルスレーザを順次照射することにより、低温プロセスで高品位の多結晶膜が製造できる。また、レーザ光を使用するため局所的な結晶化も可能となる。これは、液晶ディスプレイ用の周辺駆動回路を内蔵させたSi薄膜トランジスタのアクティブマトリックス基板の製造等に適用できる。

## 4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例の多結晶シリコン膜製造プロセスの断面図、第2図はパルスレーザのエネルギーとスキャン回折強度の関係図、第3図は本発明の製造装置の概略図、第4図、第5図、第6図

は本発明を適用したTFT製造プロセスの断面図、第7図は本発明により試作した周辺駆動回路を内蔵した液晶ディスプレイ基板の平面図を示している。

10…ガラス基板、11…水素化アモルファスシリコン膜、12…マイクロクリスタル状のシリコン膜、13…多結晶シリコン膜、L<sub>A</sub>…連続発振Ar+レーザ、L<sub>X</sub>…パルス発振XeClエキシマレーザ、R…シリンドリブルレンズ、101…ディスプレイ画素部、102…ディスプレイ回路部。

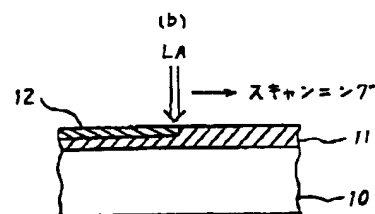
代理人 弁理士 小川 勝男

第1図

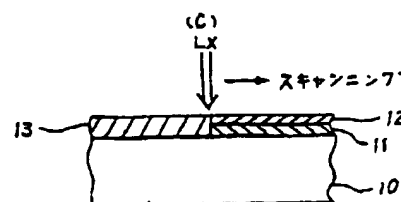
(a)



(b)



(c)



**English Translation of Japanese Patent Laid-Open No. JP Hei4-124813****[Publication Number]** JP Hei4-124813**[Publication Date]** Apr. 24, 1992**[Application Date]** September 17, 1990**[Applicant]** Hitachi, Ltd.**[Name]** 6, Kanda-Surugadai 4-chome, Chiyoda-ku, Tokyo, Japan**[Inventor]****[Address]** 4026, Kuji-chou, Hitachi-shi, Ibaraki, Japan**[Name]** OGAWA Kazuhiro**[Inventor]****[Address]** 4026, Kuji-chou, Hitachi-shi, Ibaraki, Japan**[Name]** AOYAMA Takashi**[Inventor]****[Address]** 4026, Kuji-chou, Hitachi-shi, Ibaraki, Japan**[Name]** MOCHIDUKI Yasuhiro**[Attorney or Agent]** patent attorney OGAWA Katsuo**[Name of Document]** Specification**[Title of the Invention]**

A method for a thin-film semiconductor and the device

**[Scope of Claim]****[Claim1]**

A method for manufacturing a thin film semiconductor characterized in that an amorphous semiconductor thin film deposited on a substrate is irradiated with a continuous-wave laser beam and then is irradiated with a pulsed laser beam.

**English Translation of Japanese Patent Laid-Open No. JP Hei4-124813**

**[Claim2]**

A method for manufacturing a thin film semiconductor according to claim 1, characterized in that a amorphous semiconductor thin film is an a-Si film, an a-Si:H (an amorphous silicon hydride) film, or an a-Si:F (an amorphous silicon fluorosis) film.

**[Claim3]**

A method for manufacturing a thin film semiconductor according to claim 1, characterized in that a continuous-wave laser beam is an Ar<sup>+</sup> ion laser, a CO<sub>2</sub> laser, or a Nd-YAG laser and a pulsed laser beam is an excimer laser, a ruby laser, a Nd-YAG laser, or a metal vapor laser.

**[Claim4]**

A method for manufacturing a thin film semiconductor according to claim 1, characterized in that an amorphous semiconductor thin film is changed into a crystalline semiconductor thin film in its quality by solid phase grown because of an irradiation with a continuous-wave laser beam and by liquid phase growth because of an irradiation with a pulsed laser.

**[Claim5]**

A method for manufacturing a thin film semiconductor according to claim 1, characterized in that an amorphous semiconductor thin film is locally irradiated with a laser.

**[Claim6]**

A device for manufacturing a thin film semiconductor comprising a stage, a CW laser, a pulsed laser, a condenser lens, a lens for homogenizing laser beams, and a scanning mechanism, wherein a beam width of a CW laser is larger than a beam width of a pulsed laser.

**[Claim7]**

A method for manufacturing a thin film semiconductor characterized in that an amorphous semiconductor layer formed as an active layer of a thin film transistor is irradiated with a continuous-wave laser beam and then irradiated with a pulsed laser beam.

**[Claim8]**

A method for manufacturing a thin film semiconductor characterized in that only a peripheral circuitry is locally irradiated with a continuous-wave laser beam and then is irradiated with a pulsed laser beam, in an active matrix liquid crystal display using a thin film transistor.

**[Claim9]**

A method for manufacturing a thin film semiconductor characterized in that a driving circuit portion of a line sensor is locally irradiated with a continuous-wave laser beam and then is irradiated with a pulsed laser beam.

**[Detailed Description of the Invention]****[Technical Field to which the Invention pertains]**

The present invention relates to a method for a semiconductor device, the device thereof and a semiconductor device using that. More particularly, the present invention relates to a method for manufacturing a high-quality crystalline thin-film with good reproducibility by annealing an amorphous film at low temperature.

**[Problem to be solved by the Invention]**

A laser anneal method is used as a local anneal method with low heat for an amorphous film to form a thin-film semiconductor device.

Conventionally, three methods are described as follows, as this type of technique.

A method for irradiating an amorphous film (a-Si:H), deposited by a plasma CVD method, with a CW Ar<sup>+</sup> laser. (For example, Japanese Patent Laid-Open S58-114435, Japanese Patent Laid-Open S63-200572)

The method for irradiating the amorphous film as described above with a pulsed excimer laser. (For example, Japanese Patent Laid-Open S63-25913)

The method for irradiating the amorphous film (a-Si), deposited by a sputtering method with the

CW Ar+ laser. (for example, Japanese Journal of the Applied Physics Vol. 28, No. 11, L1871-L1873, 1989) (Jpn. J. Appl. Phys. Vol. 28, No. 11, November, 1989 pp. L1871-L1873)

**[Problem to be solved by the Invention]**

The related art described above lacks consideration in the following points.

Irradiation with the CW Ar+ laser is required to use high energy for high-quality conversion and throughput thereof is low. A glass substrate which is low in cost and in strain point is easily broken.

Peeling between a substrate and films and irregularities on a surface of a thin-film occur by the pulsed excimer laser irradiation.

It is an object of the present invention to provide a method for manufacturing a high-quality film in low-temperature step with excellent throughput, with neither peeling nor surface irregularity and with favorable reproducibility and uniformity.

**[Means for Solving the Problem]**

To achieve the object, the present invention is characterized in that a thin-film semiconductor layer is formed and preheated by irradiation with a continuous-wave laser beam and then irradiated with the pulsed laser beam so as to obtain the semiconductor film without being peeled and the substrate without being affected.

Additionally the present invention enables the thin-film semiconductor layer to crystallize locally.

**[Operation]**

The present invention operates as following.

When an amorphous semiconductor thin-film deposited on a substrate is crystallized by laser irradiation, peeling the semiconductor thin-film and surface irregularity generate by irradiation with a strong enough laser beam to crystallize the film. Therefore, at first a continuous-wave



(CW) laser beam is applied in order to prevent the peeling and the like. The thin-film on the substrate can be crystallized favorably by heating the thin-film by the CW laser irradiation with appropriate temperature-rising speed and reaching-temperature. Hydrogen or fluorine can be evaporated and dispersed by the irradiation with the CW laser beam in the case of an amorphous silicon hydride film or an amorphous silicon fluorosis film including hydrogen or fluorine, therefore an irregularity on the film by bumping of hydrogen or fluorine in an irradiation with a high intensity pulsed laser can be prevented.

Furthermore, it is possible to crystallize locally a desired region without affecting on a region excluding the desired portion, because locally heating is possible by using a laser beam in a laser-like.

Next, an irradiation with a large energy laser beam is required for crystallizing the amorphous semiconductor thin-film. An irradiation with a high energy beam have no affect on a substrate or a base film by using the pulsed laser. Therefore, the present invention can be applied to the manufacturing for a three dimension device. Throughput at using the pulsed laser is generally better than that at using the CW laser.

#### [Embodiment]

An embodiment applying a method for manufacturing a high-quality thin-film poly-crystal according to the present invention is described with drawings.

At first, in Fig. 1 (a) an amorphous silicon hydride (a-Si:H) film 11 is deposited on a glass substrate 10 of 100 mm<sup>2</sup> under a film formation condition of an deposition temperature of 300°C, RF power of 60W, pressure of 0.6 Torr, and a gas flow rate of H<sub>2</sub>:SiH<sub>4</sub> = 200:70 sccm by the plasma CVD method. After that, as shown in Fig. 1(b), a CW Ar<sup>+</sup> laser L<sub>A</sub> is applied under a condition of output of 5.0W, beam diameter of 1mm  $\phi$  and scanning speed of 1.0 mm/sec. The a-Si:H film 11 is heated by the step and the upper layer part of the thin-film is changed into a microcrystalline

silicon (hereafter  $\mu$ c-Si) film 12 in its quality. Energy density of the CW Ar+ laser  $L_A$  does not need such high energy as to crystallize the whole a-Si:H film 11. After that as shown Fig. 1(c), when a XeCl excimer laser  $L_X$  (wave-length of 308nm, pulse width of 28ns) of  $240\text{mJ}/\text{cm}^2$  is applied, the whole  $\mu$ c-Si film 12 is melted and solidified, and then changed into a polycrystalline silicon (hereinafter poly-Si) film 13 in its quality. Fig. 2 shows X-ray diffracted intensity of the poly-Si 13 obtained by the above-described step in two cases where each film thickness is 800 Å and 2000 Å. The result means the a-Si:H film is changed into a good crystalline poly-Si film in its quality by irradiation with the XeCl excimer laser equal to or more than  $240\text{mJ}/\text{cm}^2$ . It is found that surface is smooth and has neither salient nor void in an observation with a scanning microscope.

A thin-film poly-crystal having a favorable film-quality without irregularity and the like is manufactured by the above-described step.

Fig. 3 (a) shows an example of a manufacturing apparatus for implementing the present invention. An optical system is formed so as to make a beam of the CW Ar+ laser  $L_A$  to be rectangular by using a cylindrical lens or so as to lay beams of the CW Ar+ laser in a straight line. At this time, as Fig. 3(b) shown, the width  $d_a$  of the CW Ar+ laser  $L_A$  is required to be  $d_a \geq d_{c1}$  when a beam shape of the XeCl excimer laser  $L_X$  is  $d_{c1} \times d_{c2}$  (the width in the direction parallel to  $d_a$  is  $d_{c1}$ ). And a scanning method by which a stage setting a sample and a laser beam is relatively moved is used. A high-quality polycrystalline film with excellent throughput can be manufactured by using the above-described manufacturing device.

An embodiment applying the present invention to a thin-film transistor (hereinafter TFT) is described below with drawings. A Cr film of 1200 Å is deposited as a gate electrode on the glass substrate 10 of  $100\text{mm}^2$  at an deposition temperature of  $100^\circ\text{C}$  and Ar pressure of 1 mTorr by the sputtering method and patterned by a photo-etching step. After that, by the plasma CVD

method, SiNx film of 3500 Å is deposited as a gate insulating film under a film formation condition of the accumulation temperature of 325°C, RF power of 175W, a pressure of 0.6 Torr and a gas flow-rate of SiH<sub>4</sub>:NH<sub>3</sub>:N<sub>2</sub>=10:60:200 sccm and subsequently the a-Si:H film 11 of 2000 Å, which becomes a channel layer, is deposited under film formation condition of the accumulation temperature of 300°C, RF power of 60W, a pressure of 0.6 Torr and a gas flow-rate of H<sub>2</sub>:SiH<sub>4</sub>=200:70 sccm. And here the method for manufacturing a thin-film poly-crystal of the present invention is applied. The CW Ar<sup>+</sup> laser L<sub>A</sub> of output 5.0 W, beam diameter 1.0 mm, and scanning speed 10.0 mm/sec is applied and then the XeCl excimer laser L<sub>x</sub> (a wavelength of 308 nm, a pulse width of 28 ns, a beam profile of 8.5 mm<sup>2</sup>) is applied to crystallize the a-Si:H film. The poly-Si film 13 formed by the above-described step (Fig. 5) is homogeneous, and has a superior crystallinity and an electrical characteristic thereof is superior.

Next, n<sup>+</sup>-Si film including phosphorus of 350 Å is deposited under a film formation condition of an deposition temperature of 230°C, RF power of 60W, a pressure of 0.6 Torr, and a gas flow rate of H<sub>2</sub>:SiH<sub>4</sub>:PH<sub>3</sub>=120:48:120sccm, by the plasma CVD method, and a photo-etching step is performed, thereafter a Cr electrode of 600 Å is formed on the same condition as that of a gate electrode, and an Al electrode of 3700 Å is deposited by the sputtering method. Additionally, a source and a drain are formed by a photo-etching step, and the TFT is completed as shown in Fig. 6. An electrical characteristic of the TFT formed as described above is superior, and that an effective mobility  $\mu_{eff}$  is 50cm<sup>2</sup>/Vs and a threshold voltage V<sub>TH</sub> is 5V or less.

Further, an embodiment regarding a liquid crystal display is described hereinafter.

In the liquid crystal display, forming both a driving circuit and a pixel on the same substrate is advantageous for the cost and the like. However a mobility of an a-Si TFT is small (about 0.3cm<sup>2</sup>/Vs), therefore forming a driving circuit of the liquid crystal display is difficult. However when only a part incorporating the driving circuit is laser-annealed and the TFT is formed,

thus the circuit can be incorporated.

Fig. 7 is a fragmentary plan view of a liquid crystal display. A poly-Si TFT with a high mobility can be formed without affecting on a pixel portion 101 and a driving circuit can be incorporated on the periphery of a substrate by applying a crystallization method of the present invention to only a region 102 shown in the figure.

In this embodiment of the present invention, an Ar<sup>+</sup> laser is used as the CW laser and the XeCl excimer laser is used as the high-intensity pulsed laser, however another laser with a wavelength matching with an absorption coefficient of a Si film, such as a Nd-YAG laser and a Nd-glass laser as a continuous-wave laser, and a ruby laser and a copper vapor laser as the high-intensity pulsed laser, can be used.

#### [Effect of the Invention]

The structure of the present invention is described above and therefore brings about an effect as described below.

A high-quality polycrystalline film can be formed with a low temperature step, by sequentially applying the CW laser and the pulsed laser to an amorphous semiconductor film deposited on a substrate. And locally crystallization can be realized by using a laser beam. This can be applied to manufacturing for an active matrix substrate of a Si thin-film transistor incorporating a peripheral driving circuit for a liquid crystal display.

#### [Brief Description of the Drawings]

Fig. 1 is a section view showing a step manufacturing for a polycrystalline silicon film of the embodiments in the present invention. Fig. 2 is a diagram showing a relationship between energy of the pulsed laser and X-ray diffracted intensity. Fig. 3 is a diagrammatic view of a manufacturing equipment in the present invention. Fig. 4, Fig. 5 and Fig. 6 are sectional views showing a step manufacturing for the TFT, applying the present invention. Fig. 7 is a fragmentary

plan view showing a substrate of a liquid crystal display incorporating a peripheral driving circuit manufactured by way of trial in the present invention.

10...glass substrate

11... amorphous silicon hydride film

12...microcrystalline silicon film

13...polycrystalline silicon film

L<sub>A</sub>...continuous-wave Ar+ laser

L<sub>X</sub>...pulsed XeCl excimer laser

R...cylindrical lens

101...pixel portion of display

102...circuit portion of display

\* \* \* COMMUNICATION RESULT REPORT ( JAN. 12. 2004 9:41AM ) \* \* \*

TTI RIPLO 571-434-9499

TRANSMITTED/STORED JAN. 12. 2004 9:41AM  
FILE MODE OPTION

ADDRESS

RESULT

PAGE

0185 MEMORY TX

G4 :SEL

OK

1/1

REASON FOR ERROR  
E-1) HANG UP OR LINE FAIL  
E-3) NO ANSWERE-2) BUSY  
E-4) NO FACSIMILE CONNECTION

001-5714342916=RIPLO /081-462702408=

/04-01-12-21:15/001-001\*\*\*5005173100 P 1

**SEL**  
SEMICONDUCTOR ENERGY LABORATORYSemiconductor Energy Laboratory Co., Ltd.  
398, Hase, Atsugi-shi, Kanagawa-ken  
243-0038 Japan  
Telephone : 81-46-248-1131  
Facsimile : 81-46-270-2408Legal-Confidential Material Covered by Attorney-Client PrivilegeMr. Eric J Robinson  
ROBINSON INTELLECTUAL  
PROPERTY LAW OFFICE  
PMB 955  
21010 Southbank Street  
Potomac Falls, Virginia 20165  
U.S.A.

45 pages recd

JAN 12 2004

January 12, 2004  
Via Facsimile (2 pages)  
Original Document via EMS

Re: U.S. Patent Application Based

On Japanese Application No. 2002-349007

Your Reference: 0756-7223

Our Reference: US6773RECEIPT ACKNOWLEDGED  
WITH THANKS

Dear Mr. Robinson:

In addition to our letter today, we would like to send <sup>to</sup> you Japanese Patent Laid-Open No. 04-124813 along with its FULL translation. We would like you to file an IDS to submit this FULL translation if you have not filed an IDS with the submitted full translation on January 5, 2004. Complete copies of the reference for submission will be sent to you via EMS soon.

If you have any questions, please let us know. Please acknowledge receipt of this letter by return facsimile.

With best regard,

Very truly yours,

Hikaru Tsuji (Ms.)  
Intellectual Property DivisionKY/HT  
Enclosure

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**